

광중합 복합레진의 압축강도에 대한 실험적 연구

연세대학교 치과대학 보존학교실

박경훈 · 이찬영 · 이승중 · 박동수 · 이정석

I. 서론

치의학의 발달과 더불어 치과용 충전재로써 레진에 관한 연구가 활발히 계속되어 개발된 복합레진은 전치부 및 구치부용으로 널리 사용되어지고 있다.

레진은 1940년에 이르러 아크릴릭 레진이 처음 발표된 이래 심미적인 특성으로 전치용 수복재로 사용되어지다 물리적/기계적 임상적 문제점을 개선 및 보완하여 1962년에 Bowen⁶⁾에 의하여 filler가 첨가된 복합레진이 개발되어졌다. 초기의 복합레진의 단점인 연마성등을 개선키 위하여 microfilled 복합레진이 연구되었고 또한 물리적 성질을 강화시키기 위하여 filler의 크기를 혼합시킨 hybrid형 복합레진이 만들어졌다. 한편 치질과의 접합력을 증가시키기 위해 산부식법에 대한 연구와 dentin bonding system에 관한 연구도 시행되었다. 1970년초 중합반응을 자외선에 의한 광중합레진이 개발되었고 현재는 가시광선에 의한 광중합레진이 널리 사용되어지고 있다.

그러나 복합레진은 unfilled acrylic resin에 비해 물리적 기계적 특성은 우수하나 구치부용으로 사용하기 위해서는 충분한 압축 및 인장강도, 경도, 내마모성, 연마성, 적절한 탄성율, 치질과의 접합성, 변색성등의 많은 문제점이 남아있다.

이상과 같은 문제점을 개선, 연구하기 위한 많은 실험적 임상적 조사가 진행되었다. Harrison¹⁴⁾, Raptis²⁶⁾, Macchi 등²¹⁾ Eakle¹⁰⁾, Craig⁸⁾는 여러종류의 복합레진의 물리적 성질에 대해 발표하였고, Kanca^{15), 18)}, Simonsen 등²⁷⁾, 増井 등³⁶⁾

은 경도에 관한 실험을, Eick 등¹²⁾은 중합수축에 대하여 新井³⁷⁾은 중합반응후 보관상태에 따른 변화를 보고하였고, Eames 등¹¹⁾, Bowen⁷⁾ 등은 아말감과 silicate에 관한 비교치를 보고하였다. 임상적 로는 Wilder 등³⁰⁾, Wilson³¹⁻³³⁾ 등, Leinfelder¹⁹⁾가 보고하였다.

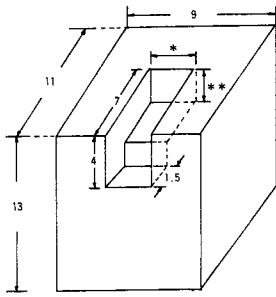
국내의 연구로는 복합레진의 연마⁴¹⁾, 변연누출⁴²⁾, 경도, 흡수율 및 용해율등에 관한 많은 실험적 보고가 있다.

저자는 복합레진의 물리적 성질중 압축강도에 관한 실험이 미진한 바 임상적으로 교합압에 유지할수 있는 적절한 형태의 와동을 형성하는데 필요한 기초 자료를 얻고자, 구치부용 복합레진의 압축강도를 조사하기 위하여 와동의 깊이 및 폭에 따른 압축강도를 측정하여 이에 따른 지견을 얻었기에 이를 보고하는 바이다.

II. 연구 재료 및 실험방법

가. 연구시편 제작

가로 9mm, 세로 11mm, 높이 13mm의 직육면체의 탄소강 (기계구조용 탄소강 : SM45(KS))을 하악 제 1 대구치라 가정하고, 여기에 Black氏 2급와동을 형성한다. 와동의 형태는 치은벽의 폭은 1.5mm로 동일하게 형성하고 와동의 폭은 1.5mm, 2mm로, 깊이는 2mm, 3mm로 4종류의 시편을 2-Flute-End-Mill을 이용하여 각각 10개씩 총 40개 제작하였다. Mold의 상부에서 gingival wall (치은벽)까지의 거리는 4mm로 균일하게 제작하였다 (Fig1).



* Width 1.5mm, 2mm
** depth 2mm, 3mm

Fig 1. Diagram of Mold form (mm)

Table 1. Tested Composite resins

Materials	Shade	base resins	type of Composites	Manufacturer	Batch No.
Heliomolar®	Universal	UDMA urethane dimethylacrylate	Microfilled	Vivadent	540184
Litefil-p®	Universal	UDMA	Hybrid	Shofu	048528

과 인접면에 각 30초씩 총60초 조사후, 1.5mm 재충전후 다시 인접면과 교합면에 각30초씩 총 120초 조사하였다. 광원과 충전물과의 거리는 0mm로하고 조사각도는 충전물과 수직을 이루었다. 조사후 건조한 상태하의 $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 실온에서 24시간 보관후 Universal testing machine (T-ONG KWANG Precision MFG CO, LTD1980.5)을

복합레진은 Heliomolar®와 Litefil-p®를 사용하였다(Table I).

나. 실험방법

$23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 의 실온에서 실험시편에 광중합레진을 사용하였다. 레진은 Heliomolar와 Litefil-P를 사용하였다. 실험시편의 인접면상에 cellulose strip을 대고 레진을 bulk pack technique으로 충전후 광원으로 Heliomat®(제조회사 Vivadent)를 사용하여 조사하였다. 깊이가 2mm인 충전물은 인접면과 교합면을 각 30초씩 총 60초 조사하였고, 깊이가 3mm인 시편은 1.5mm충전후 교합면

이용하여 1cm/min의 속도로 하중을 가하였다. 하중시 ball의 직경은 1.5mm로 하여 하중점은 교합면상 내측 1.5mm에 하중을 가하여 복합레진이 파절되는 시각에 하중의 양을 기록하였다.(Fig2).

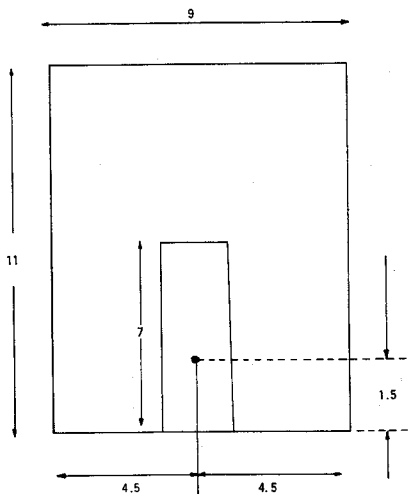


Fig 2. Site of load tip (mm)

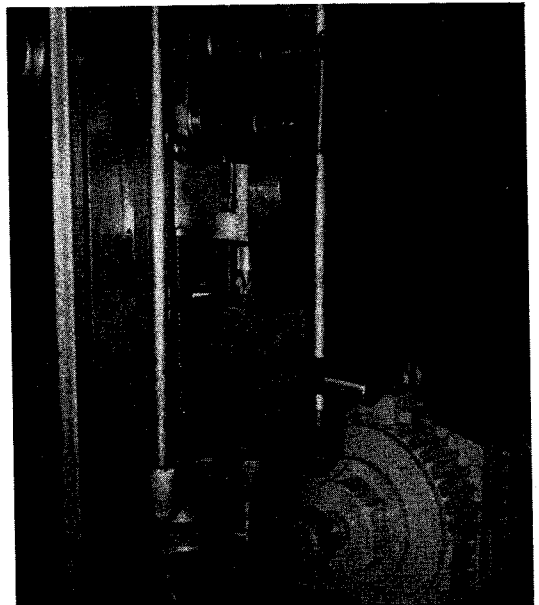


Fig 3. Universal testing Machine.

III. 실험성적

상기방법에 의한 Heliomolar의 압축 강도는 A. 폭 1.5mm, 깊이2mm에서 산술및 표준편차는 75.2±7.38kg이며 B. 폭1.5mm, 깊이3mm에서 84±10.33kg C. 폭2mm 깊이2mm에서 97.8±22kg, D. 폭

2mm, 깊이3mm에서 107±12.63kg이었고 Litefil-P에서는

A'. 폭 1.5mm, 깊이2mm에서 74.4±15.73kg, B'. 폭 1.5mm, 깊이3mm에서 77.2±11.1kg, C'. 폭 2mm 깊이2mm에서 89.4±19.97kg, D' 폭 2mm, 깊이3mm에서 98.5±15.96kg의 결과가 나왔다.

Table 2. Comparison of the mean and S. D. on the compressive strength of resins.

Materials	Width (mm)	depth (mm)	Sample No	Mean & S. D. (kg)	
Heliomolar	A	1.5	2	10	75.2 ± 7.38
	B	1.5	3	9	84 ± 10.33
	C	2	2	10	97.8 ± 22
	D	2	3	8	107 ± 12.63
Litefil-P	A'	1.5	2	8	74.4 ± 15.73
	B'	1.5	3	8	77.2 ± 11.1
	C'	2	2	8	89.4 ± 19.97
	D'	2	3	8	98.5 ± 15.96

Compressive strength of Composite resins

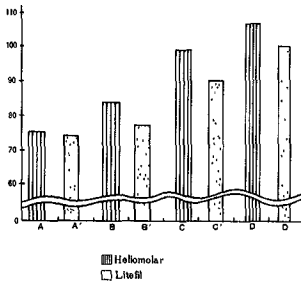


Fig 4 Graph showing the means of resin on the compressive strength

각 group간 ABCD 및 A'B'C'D' 간의 One-Way ANOVA에 의한 분산분석에서 통계적유의성은 있었다. ($P < 0.05$)

두재료간의 (A-A') (B-B') (C-C') (D-D')의 t-test에 의한 분석은 통계적유의성이 없었다. 또한 t-test에 의한 group의 비교에서 (A-C) (B-D) (B'-D') 군의 통계적 유의성은 있으나 (A'-C') 군의 유의성은 없었다.

Table 3. Analysis of Variance

Material	Group	Mean	S. D.	F ratio	P value
Heliomolar	A width 1.5mm depth 2mm	75.2	7.37	16.7	0.00 *
	B 1.5mm 3mm	84	10.33		
	C 2 mm 2mm	97.8	11.14		
	D 2 mm 3mm	107	12.62		
Litefil-P	A' width 1.5mm depth 2mm	74.4	15.73	3.897	0.019 **
	B' 1.5mm 3mm	77.3	11.11		
	C' 2 mm 2mm	89.4	17.97		
	D' 2 mm 3mm	98.5	15.96		

*, ** $p < 0.05$

Table 4. Analysis of Variance

Group	t-value	2-tail Prob.	
width 1.5mm depth 2 mm (A - A')	0.14	0.894	N. S
width 1.5mm depth 3 mm (B - B')	1.30	0.214	N. S
width 2 mm depth 2 mm (B - C')	1.14	0.273	N. S
width 2 mm depth 3 mm (D - D')	1.18	0.257	N. S

p > 0.05 N. S ; Non Significance

Table 5. Analysis of variance

Contrast	T-value	2-tail Prob.	
A - C	-5.35	.000*	S
B - C	-4.13	.001**	S
A' - D	-1.67	.117	NS
B' - C	-3.09	.008***	S

D' * ** *** : p < 0.05
N. S : Non significance
S : Significance

IV. 총괄 및 고찰

Bowen^{6,7)}에 의한 복합레진의 우수성이 입증되어 복합레진의 물리적 기계적 성질에 관한 연구가 빠른 속도로 진행되고, 많은 논문이 발표되었다. 구치부용 레진의 필요조건은 Macchi²¹⁾ 박²²⁾, 엄⁴⁴⁾ 등에 의하면 심미성, 강도, 적절한 내마모성, 연마성, 생체와의 친화성, 치질과의 접촉성, 방사선 불투과성 등이며, 압축성질은 압축 및 인장강도, 전단강도, 항복강도, 탄성율 등이 우수하여야 한다고 보고하였고 Dennison⁴⁾ 등은 구강내의 저작압은 수복물내의 압축, 인장, 전단등의 다양한 종류의 강도이며, 이 stress 등의 복합체에 의해 실패요인이 결정된다고 보고하고 있다. Grittith¹³⁾의 복합레진의 재료성분에

의한 강도실험에서 BIS-GMA가 들어간 레진이 Methylmetacrylate \bar{c} silicate 보다 강도가 크다고 보고 하였다.

片岡⁴⁰⁾ 등은 수복물의 cavosurface bevel 이 Non-bevel인 경우가 round나 short bevel보다 microleakage가 크게 나타났다고 하며, 新井³⁷⁾ 蓮³⁸⁾ 등은 광중합레진에서 중합후 시간이 경과될 수록 경도치가 증가된다고 보고하였다.

増井³⁶⁾은 광중합레진의 광에 의한 중합양상은 circle형태이며 수직절단시 shell type 이나 trapezoid형태로 중합이 일어난다고 서술하고 있다. 또 레진의 경화는 최대깊이 4.27~7.02mm 까지, 최대직경 8.07~8.61mm까지 경화된다고 하였다. 蓮池³⁹⁾는 matrix strip없이 공기 중에 노출시켜 조사한 경우는 공기 차단경우보다 경

도치가 낮게 나왔다. 이는 산소가 가시광선 투과에 장애가 된다고 보고하였다. Kanca¹⁵⁾, Swartz 등¹⁶⁾ 은 광원과 수복물과의 거리는 경도와 별 관계없다고 하며, 24시간 최대 경도치에 도달된다는 보고를 하였다. Maclean²²⁾ 는 젖은 상태에서 건조한 상태보다, 시간이 경과될수록(어느정도까지) 압축강도가 증가된다고 보고하였다.

본 실험에서 얻어진 압축강도에 대한 성적은 74~107kg 정도로 나왔으며, Ramfjord²³⁾, Anderson¹⁾ 의 보고서에서 교합압은 개개인의 차이가 있으며, 개인에서도 때에 따라 차이가 있고 식사시 7kg biscuit에서 15kg, carrot에서 14kg 정도라고 보고하고 있다. 성인여자의 static 한 상태에서 45kg 정도라고 측정되었다. 허나 질긴 식사를 좋아하는 에스키모인에서는 157kg, TFO나 bruxism환자에서 90kg~125kg이 측정되었다. 이 보고서와 본 실험에서의 차이로 비교는 힘들겠으나 TFO나 bruxism환자에서 구치부레진은 피해야 할 것으로 사료된다.

Eakle¹⁰⁾ 의 실험에 의하면 파절강도는 110~120kg 이 나왔으나 저자의 실험과는 약간 방법상의 차이가 있고, 첨단하중의 ball size의 차이에 의해(Eakle의 실험상 4.8mm, 본실험1.5mm) 서도 낮은 실험치가 나왔다고 생각되어진다.

통계학적 분석에 의하면 재료간의 사이에 통계적 의의가 없다고 나와있다. 이는 같은 UD-MA를 성분(base resin)으로 하는 복합레진이기 때문에 유의성이 없다고 사료되어진다.

각군에서 4군사이에 유의차가 있다는 통계학적 분석은 깊이 3mm군에서 폭이 증가 될수록 압축강도에 대한 값이 크다고 결과가 나와있다. 허나 임상적으로 폭이 너무 커지면 치질의 양이 감소되어 Bowen^{6,7)} 의 dentin에 대한 압축강도 비교에서 dentin이 복합레진보다 강도가 크므로 결과적으로 압축강도는 저하될 것으로 사료되어진다.

복합레진의 문제점은 아직도 개선될 점이 많이 남아있다. Eames¹¹⁾ 의 아말감과의 임상비교에서 anatomic form의 저하가 현격하고, Leinfelder¹⁹⁾ 는 구치부용 복합레진은 0.1~1.0 μ /day의 wearness가 나타나며, 대합치는 교합을 위해 supereruption 하여 치아이동을 초래하며,

contact point의 소실이 생기며, 처치후의 postoperative sensitivity가 나타나는 점등이 문제점이 다.

압축강도에서 중요한 역할을 하는 것은 하중을 주는 위치와 하중을 주는 첨단의크기에 따라 큰 차이가 있다. 본 실험에서는 둥근형태의 직경 1.5mm의 ball을 이용하여 치아의 교두와 유사성을 갖게 실험하였다.

또한 자연치를 이용하여 압축강도에 대한 파손되는 점을 여러 factor 즉 산부식법, bevel, dentin bonding등으로 압축강도에 대한 실험이 행해져야 되겠으며, 앞으로 아말감의 압축강도와 물성을 능가할수 있는 복합레진이 개발되기 위한 많은 연구와 노력이 필요할 것으로 사료되어진다.

V. 결론

심미적 충전재로서 복합레진은 최근에 전치부 및 구치부에까지 널리 사용되어지고 있다.

저자는 복합레진의 물성중 압축강도를 실험하고자 Black씨 2급와동의 모형을 폭과 깊이에 따라 폭 1.5mm, 2mm, 깊이2mm, 3mm에 따라 제작하여 압축강도를 측정하며 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 각 와동 형태에 따라 압축강도의 통계적 유의성이 있었다(P<0.05).
2. 두 종류의 복합레진의 와동형태에 따른 통계적 유의성은 없었다(P>0.05)
3. 깊이 3mm군에서 폭이 증가시 통계적 유의성은 있다(P<0.05).

참고문헌

1. Anderson, D.J.: Measurement of stress in mastication. J. Dent. Res., 35:664, 1965.
2. Antonson, D.E. & Bendetto, M.D.: Longitudinal intensity variability of visible light curing units. Quintessence Int., 17:819, 1986.

3. Backer, J. De. & Dermaut, L.: Visible light sources and posterior visible light cured resin: practical mixture. *Ibid.*, 17:635, 1986.
4. Backer, J. De., Dermaut, L. & Bruynooghe, W.: The depth of polymerization of visible light cured composite resins. *Ibid.*, 16:693, 1985.
5. Bassiouny, M.A. & Grant, A.A.: Physical properties of a visible light cured composite resin. *J. Prosthet. Dent.*, 43:536, 1980.
6. Bowen, R.L.: Properties of a silica-reinforced polymer for dental restorations. *J.A.D.A.* 66:71/51-78/64, 1963.
7. Bowen, R.L., Paffenbarger, G.C. & Mullineaux, A.L.: A laboratory and clinical comparison of silicate cements and a direct-filling resin: A progress report. *J. Prosthet. Dent.*, 20:426, 1968.
8. Craig, R.G.: Chemistry, Composition, and Properties of Composite Resin. *Dent. Clin. N. Am.*, 25:219, 1981.
9. Dennison, J.B. & Craig, R.G.: Physical properties and finished surface texture of composite restorative resins. *J.A.D.A.* 85:101, 1972.
10. Eakle, W.S.: Increased fracture resistance of teeth: comparison of five bonded composite resin systems. *Quintessence Int.*, 17:17, 1986.
11. Eames, W.B., et al; Clinical comparison of composite, amalgam, silicate restorations. *J.A.D.A.* 89:1111, 1974.
12. Eick, J.D. & Welch, F.H.: Polymerization shrinkage of posterior composite resins and its possible influence on postoperative sensitivity. *Quintessence Int.*, 17:103, 1986.
13. Griffith, J.R. & Cannon, R.W.S.: The properties and clinical application of the modern composite resin. *Australian Dent. J.*, Feb: 26, 1973.
14. Harrison, A. & Draughn, R.A.: Abrasive wear, tensile strength, and hardness of dental composite resins — Is there a relationship? *J. Prosthet. Dent.*, 36:395, 1976.
15. Kanca, J.: Visible light activated composite resins for posterior use — A comparison of surface hardness and uniformity of cure. *Quintessence Int.*, 16:687, 1985.
16. _____. The effect of thickness and shade on the polymerization of light activated posterior composite resins. *Ibid.*, 17:809, 1986.
17. _____. Maximizing the cure of posterior light activating resins. *Ibid.*, 17:25, 1986.
18. _____. Visible light activated posterior composite resin — A comparison of surface hardness, uniformity of cure. *Quintessence Int.* 5:345, 1985.
19. Leinfelder, K.F.: Composite resins in posterior teeth. *Dent. Clin. N. Am.*, 25:357, 1981.
20. Lutz, F. & Phillips, R.W.: A classification and evaluation of composite resin systems. *J. Prosthet. Dent.*, 50:480, 1983.
21. Macchi, R.L. & Craig, R.G.: Physical and mechanical properties of composite restorative materials. *J.A.D.A.* 78:328, 1969.
22. Mclean, J.W. & Short, I.G.: Composite anterior filling materials. *Brit. Dent. J.*, 104:9, 1969.
23. Newman, S.M., Murray, G.A. & Yates, J.L.: Visible light and visible light-activated composite resins. *J. Prosthet. Dent.*, 50:31, 1983.
24. Peterson, E., Phillips, R.W., Swartz, M.L.: A comparison of the physical properties of four restorative resins. *J.A.D.A.* 73:1324, 1966.
25. Ramfjord & Ash: Occlusion. Philadelphia. Saunders Co., 1983.
26. Raptis, C.N., Pan, P.L. & Power, J.M.: Properties of microfilled visible light-cured composite resins. *J.A.D.A.* 99:631, 1979.

27. Simmonson, R.J. & Kanca, J.: Surface hardness of posterior composite resins supplemental polymerization after simulated occlusal adjustment. *Quintessence Int.* 17:631, 1986.
28. Skinner: *Science of Dental Materials*. Philadelphia. Saunders Co., 1973.
29. Swartz, M.L., Phillips, R.W. & Rhodes, B.: Visible light activated resins depth of cure. *J.A.D.A.* 106:634, 1983.
30. Wilder, A.D., May, K.N. & Leinfelder, K.F.: Three year clinical study of UV-cured composite resins in posterior teeth. *J. Prosthet. Dent.*, 50:26, 1983.
31. Wilson, N.H.F., Smith, G.A., Wilson, M.A.: A clinical trial of a new visible light cured composite restorative-initial findings and one-year results. *Quintessence Int.* 16:281, 1985.
32. _____: two year results. *Ibid.*, 17:151, 1986.
33. _____: three year results. *Ibid.*, 17:643, 1986.
34. 木内督直
可視光線重合レジンの歯質透過後の硬化深度および臨床応用に関する研究 *日歯保誌* 25:279, 1982.
35. 中川勝利
光重合型レジンに関する研究とくに積層充填物内部の重合状態について *日歯保誌* 29:1103, 1986.
36. 増井一裕 奈良陽一郎 勝山茂 臼歯修復用可視光線重合レジン¹の硬化範囲と硬度および臨床応用に関する研究 *日歯保誌* 28:1159, 1985.
37. 新井 智
光重合型レジンに関する研究とくに硬化物の重合状態の経時的变化について *日歯誌* 29:106, 1986.
38. 蓮池隆二
光重合型コンポジットレジン¹の重合特性について *日歯保誌* 27:1, 1984.
39. 鈴木栄
可視光線照射レジンに関する研究 照射器の波長域, 硬化範囲および硬度の測定 *日歯保誌* 24:471, 1981.
40. 片岡昌士 加藤喜郎
臼歯修用コンポジットレジン¹修復歯の経時的变化に関する基礎的および臨床的研究 *日歯保誌* 29:1003, 1986.
41. 김형동, 이정석, 최성근, 박동수, 이찬영 : 복합레진의 표면 거칠기에 관한 실험적 연구. *치과연구* 14:69-77, 1983.
42. 박상진: 콤포짓트레진의 구치부 충전. 대한치과의사협회지 25:19, 1987.
43. 신용필등: V급 외동 변연부 형태 및 복합레진 종류에 따른 변연누출에 관한 실험적 연구. 대한치과 보존학회지 12:107, 1986
44. 엄정문, 이명중: Composite의 근황. 대한치과의사 협회지 24:103, 1986.

ABSTRACT

A Study of Compressive Strength of Two Resins on the Cavity Forms

Kyung Hun Park Chan Young Lee, Sung Jong Lee, Dong Su Park, Chung Suck Lee

Composite resins has been widely used in dental clinics because of esthetic restoration.

The aim of this study was to assess the effects of the cavity designs on the compressive stress of resin restoration.

So, the author made the standardized specimen of four types (Type of specimen are width 1.5mm, depth 2mm, width 1.5mm,depth3mm, width 2mm, depth 2mm, width 2mm, depth 3mm). The compressive strength was measured by universal testing machine (Tong Kwang Co.)

The results indicating following;

1. There was a statistic significance of compressive strength between four cavity forms.
2. There was no difference of significance of compressive strength between two resins.
3. There was a significance of compressive strength between depth 3mm width 1.5mm and depth 3mm width 2mm.